

# EVOLUCIÓN DE UN ESPACIO DE TRABAJO MULTIDISCIPLINAR PARA EL APRENDIZAJE DE LA PROGRAMACIÓN BASADO EN CASOS PRÁCTICOS: DE LOS REPOSITARIOS A LOS CURSOS ADAPTATIVOS EN EL CAMPUS VIRTUAL DE LA UCM

---

*Mercedes Gómez Albarrán, Guillermo Jiménez Díaz, Marta López Fernández,  
Marco A. Gómez Martín, Alberto Díaz Esteban, Luis Hernández Yáñez  
y Almudena Ruiz Iniesta*

albarran@sip.ucm.es; guille@fdi.ucm.es; mlf@fdi.ucm.es; marcoa@fdi.ucm.es;  
albertodiaz@fdi.ucm.es; luishy@fdi.ucm.es; aruiziniesta@estumail.ucm.es

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial.  
Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid

**Palabras clave:** Espacio Europeo Educación Superior, Autoaprendizaje, Introducción a la programación, Casos prácticos, Multidisciplinar.

La adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior supone una reconsideración de las formas de enseñar y aprender en la universidad. Para el profesorado universitario entraña un auténtico desafío didáctico el énfasis en el autoaprendizaje de los alumnos y, como consecuencia, en la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la docencia.

El Campus Virtual es el entorno en el que se ha implementado una Virtualización de Casos Prácticos para facilitar el aprendizaje activo de la materia «Introducción a la programación» en la Universidad Complutense de Madrid. El carácter multidisciplinar de la colección de casos prácticos, útil en diversas titulaciones de la citada universidad, así como la existencia de un equipo docente numeroso detrás de ella, ha favorecido la mejora continua del Espacio Temático de Trabajo Común donde reside esta virtualización, desde un conjunto inicial de material práctico a la actual formalización de la secuencia de aprendizaje.

En este artículo se presenta la evolución de la Virtualización de Casos Prácticos desde sus inicios, que supone una visión histórico-comparativa que a su vez es reflejo de cómo han ido cambiando las actitudes docentes para adaptarse al EEES.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de convergencia definido por la declaración de Bolonia supone un proceso de adaptación de las instituciones universitarias europeas a un nuevo modelo educativo basado en la implantación de los créditos ECTS (European Credit Transfer System), la homologación de titulaciones y el aprendizaje per-

manente. Los cambios estructurales que se están llevando a cabo se basan en un modelo centrado en el aprendizaje de los alumnos y el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para facilitar la construcción del conocimiento, responsabilizarse del propio aprendizaje, promover el protagonismo del alumno y posibilitar el trabajo colaborativo para estudiantes y docentes [3]. No

obstante, el mero uso de las TIC no implica necesariamente una mejora en los niveles de aprendizaje de los alumnos e incluso puede provocar sobrecarga de trabajo, dificultades a la hora de elegir los recursos necesarios, etc. [1]. A pesar de ello, en el entorno universitario español es usual la implantación de TIC, básicamente en forma de Campus Virtuales (CVs), como una vía para extender los servicios y funciones del campus universitario en un conjunto de espacios y herramientas en Internet que sirven de apoyo al aprendizaje, la investigación y la gestión docente [11].

El CV de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) ha sido el mecanismo usado para introducir las TIC en la docencia de asignaturas de la materia «Introducción a la programación» existentes en diversas titulaciones de dicha universidad. La motivación nace no sólo de los cambios provocados por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) para mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos, sino también por las reiteradas peticiones de nuestros propios alumnos acerca de la disponibilidad de material práctico que facilite su autoaprendizaje.

Un equipo docente formado en la actualidad por nueve profesores del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial (adscrito a la Facultad de Informática de la UCM) ha trabajado en los tres últimos años en sendos Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente (PIMCD) con el objetivo de desarrollar una Virtualización de Casos Prácticos (VCP) que proporcione abundante material práctico para asignaturas de programación de varias titulaciones impartidas en la UCM. En concreto, asignaturas como «Introducción a la Programación» y «Laboratorio de Programación I» de la «Ingeniería en Informática», la «Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas» y la «Ingeniería Técnica en Informática de Gestión»; la asignatura «Fundamentos de Programación» de la «Licenciatura en Física» y de la «Ingeniería en Electrónica»; y la asignatura «Programación» de la «Licenciatura en Física». Este servicio multidisciplinar está disponible desde finales del curso 2005-2006 para una población de alumnos variable según el año académ-

mico, llegando en alguna ocasión a superar los 700 alumnos.

La VCP reside actualmente en un Espacio Temático de Trabajo Común (ETTC)<sup>1</sup> que es el fruto de una evolución desde un repositorio inicial de casos prácticos resueltos hacia un esquema más elaborado que favorece un aprendizaje guiado en forma de curso adaptativo. Así, tras obtener una primera VCP en la que se satisfacía la necesidad de material práctico resuelto, el equipo docente involucrado introdujo una importante mejora didáctica: incorporar material práctico no resuelto, acompañado en ocasiones por guías para su resolución y la comprobación de su correcto funcionamiento. No obstante, esta ampliación de contenidos no se consideró suficiente para facilitar el autoaprendizaje. Trabajos como el presentado en [10] resaltan la necesidad de adaptarse al estilo de aprendizaje de cada alumno, que cambia a lo largo del tiempo dependiendo del contexto en el que se desenvuelva. Por ello, la VCP y el ETTC evolucionaron para implementar esta adaptación en función en este caso del nivel de conocimiento de cada alumno. El resultado a día de hoy es un curso *on-line* multidisciplinar y adaptativo que soporta un modelo de aprendizaje activo basado en casos prácticos resueltos y a resolver.

Este artículo se centra en el análisis de esta evolución y la descripción de las diferentes mejoras del ETTC, desde un conjunto inicial de material práctico a la actual formalización de la secuencia de aprendizaje. Para ello en la Sección 2 se presenta la versión inicial y se analizan sus principales características. La Sección 3 abarca la ampliación de contenidos que dio lugar a la segunda versión. Un análisis de los datos de acceso y de los patrones de uso de los recursos en estas dos primeras versiones se presenta en la Sección 4. La Sección 5 describe el ETTC donde reside el curso adaptativo, que incorpora los cuestionarios que permiten medir el nivel de conocimiento de los alumnos. Por último, se detallan las conclusiones y líneas de trabajo futuro en la Sección 6.

---

<sup>1</sup> Se entiende por ETTC cualquier espacio virtual que el CV-UCM pone a disposición de la comunidad universitaria.

## 2. LOS PRIMEROS PASOS: VIRTUALIZACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS PARA ASIGNATURAS DE PROGRAMACIÓN EN ENTORNO MULTIDISCIPLINAR

Durante el curso académico 2005-2006 un grupo formado por cinco profesores del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial con amplia experiencia en docencia de la materia «Introducción a la programación» llevaron a cabo un PIMCD [7] cuyo principal objetivo era el desarrollo y la difusión mediante el CV de una colección de casos prácticos resueltos que sirviesen de soporte a la docencia de la citada materia. Esta materia está presente, tal y como se ha señalado en la sección introductoria, en diversas disciplinas de carácter científico y técnico en la UCM.

Los contenidos de las asignaturas ligadas a dicha materia en las distintas disciplinas son casi idénticos, variando el lenguaje de programación usado en los casos prácticos resueltos en clase: Pascal en unos casos y C++ en otros. La metodología docente empleada para esta materia comprende clases teóricas y de resolución de casos prácticos, así como apoyo con tutorías. Sin embargo, se carecía de una colección de casos prácticos resueltos que completaran las clases teóricas y que estuviesen convenientemente documentados para poder ser usados de manera autónoma por los alumnos. Por otro lado, el número de horas de clase que habitualmente se pueden dedicar a la resolución de casos prácticos suele ser insuficiente, por lo que la existencia de una recopilación de casos prácticos resueltos que se adaptan a los contenidos de la materia se consideró de gran utilidad en el proceso de autoformación del alumnado.

El material resultante fue una colección de aproximadamente 100 casos prácticos de programación resueltos y adaptados a los programas de las asignaturas citadas en la sección introductoria [8]. Los casos prácticos fueron catalogados atendiendo a dos criterios principales: paquete temático y nivel de dificultad. El estilo de aprendizaje fue un tercer criterio considerado en algunas ocasiones. Asimismo

cada caso práctico fue resuelto empleando dos lenguajes de programación: Pascal y C++.

A medida que se iba generando el material, éste se fue poniendo a disposición de los alumnos en un ETTC denominado «Casos prácticos para la Introducción a la Programación». En los últimos meses del curso 2005-2006 este ETTC estuvo accesible para más de 450 alumnos. El número final de alumnos que se beneficiaron de él en el curso 2006-2007 ascendió a casi 600 alumnos.

En el citado ETTC los alumnos dispusieron de los casos prácticos organizados en 12 *Módulos de Contenidos*, correspondientes a los 12 paquetes temáticos usados en la clasificación que se muestran en la figura 1. En cada *Módulo de Contenidos* los enunciados y soluciones en Pascal y C++ fueron organizados usando una *Tabla de Contenidos* como la de la figura 2, lo que posteriormente ha permitido obtener datos sobre el uso que los alumnos hicieron de los casos prácticos. En este primer ETTC el material se encontraba en formato PDF o en archivos de texto plano. Los alumnos dispusieron, además, de un foro en el que plantear dudas, comentarios y sugerencias.

Una vez analizados los accesos de los alumnos se comprobó que la iniciativa había tenido una buena acogida pero, sin embargo, se observó que muchos alumnos accedían directamente a las soluciones, pasando por



Figura 1. Uso de Módulos de Contenidos en el ETTC «Casos prácticos para la Introducción a la Programación»

CONDICIONALES

Tabla de contenidos

- 1. Planes para operaciones con enteros
  - 1.1. Planes para operaciones con enteros - solución en Pascal usando sentencias if
  - 1.2. Planes para operaciones con enteros - solución en Pascal usando sentencias case
  - 1.3. Planes para operaciones con enteros - solución en C/C++ usando sentencias if
  - 1.4. Planes para operaciones con enteros - solución en C/C++ usando sentencias switch
- 2. Tipos de triángulos
  - 2.1. Tipos de triángulos - solución en Pascal
  - 2.2. Tipos de triángulos - solución en C/C++
- 3. Movimiento de un punto al estar en un plano
  - 3.1. Movimiento de un punto al estar en un plano - solución en Pascal
  - 3.2. Movimiento de un punto al estar en un plano - solución en C/C++
- 4. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado
  - 4.1. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado - solución en Pascal
  - 4.2. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado - solución en C/C++
- 5. Calcular la suma de la serie del NIF
  - 5.1. Calcular la suma de la serie del NIF - solución en Turbo Pascal
  - 5.2. Calcular la suma de la serie del NIF - solución en C++
- 6. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda
  - 6.1. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda - solución en Turbo Pascal
  - 6.2. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda - solución en C++
- 7. Ordenar 3 números de mayor a menor
  - 7.1. Ordenar 3 números de mayor a menor - solución en Pascal
  - 7.2. Ordenar 3 números de mayor a menor - solución en C/C++
- 8. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado
  - 8.1. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado - solución en Pascal
  - 8.2. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado - solución en C/C++

Figura 2. Empleo de una Tabla de Contenidos para organizar el material del módulo «Condicionales»

alto los enunciados de los ejercicios (véase Sección 4). Incluso muchos lo admitieron abiertamente. Reducir este efecto no deseado fue una de las motivaciones de la siguiente versión de la VCP.

### 3. LA AMPLIACIÓN DE CONTENIDOS: APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN GUIADO POR PROBLEMAS EN EL CAMPUS VIRTUAL

La segunda versión de la VCP se caracteriza por la inclusión de una colección de problemas (o casos de estudio) no resueltos, convirtiendo el proceso pasivo de autoformación de los alumnos en un proceso activo de aprendizaje basado en problemas.

La ampliación de contenidos de la VCP fue desarrollada en un nuevo PIMCD [5] durante el curso 2006-2007, en el que participó el equipo de profesores del anterior PIMCD y dos profesores nuevos del mismo departamento que los anteriores y también con responsabilidades docentes en diversas asignaturas de programación.

Uno de los requisitos de esta ampliación de contenidos era que los nuevos materiales se pudieran integrar con los recursos generados en la versión previa de la VCP. Para cumplir con este requisito, los casos de estudio se

estructuraron en los mismos paquetes temáticos que se utilizaron en la versión inicial. Los contenidos finales de esta nueva VCP agrupaban así en cada paquete temático los casos prácticos resueltos creados en el PIMCD anterior y los nuevos problemas (o casos de estudio) que, esta vez sí, deberían resolver los alumnos sin posibilidad de recurrir a la alternativa fácil de mirar la solución.

Para mejorar la integración, además, muchos de los ejercicios desarrollados estaban basados en casos prácticos ya existentes en la VCP. De esta forma, los casos prácticos servían como punto de partida en la resolución de los problemas nuevos. Otros ejercicios eran independientes de los casos prácticos existentes.

El nuevo ETTC, de igual nombre que el anterior, ha mantenido también la organización de entrada en *Módulos de Contenidos* y el uso de *Tablas de Contenidos* dentro de cada módulo. La figura 3 muestra la organización de ejercicios y casos prácticos resueltos en el nuevo ETTC.

Cada uno de los nuevos ejercicios se encontraba en un documento PDF. Comenzaba con una tabla en la que el alumno podía ver el título del ejercicio, el paquete temático

CONDICIONALES

Tabla de contenidos

- 1. Planes para operaciones con enteros
  - 1.1. Planes para operaciones con enteros - solución en Pascal usando sentencias if
  - 1.2. Planes para operaciones con enteros - solución en Pascal usando sentencias case
  - 1.3. Planes para operaciones con enteros - solución en C/C++ usando sentencias if
  - 1.4. Planes para operaciones con enteros - solución en C/C++ usando sentencias switch
- 2. Tipos de triángulos
  - 2.1. Tipos de triángulos - solución en Pascal
  - 2.2. Tipos de triángulos - solución en C/C++
- 3. Movimiento de un punto al estar en un plano
  - 3.1. Movimiento de un punto al estar en un plano - solución en Pascal
  - 3.2. Movimiento de un punto al estar en un plano - solución en C/C++
- 4. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado
  - 4.1. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado - solución en Pascal
  - 4.2. Calcular la fecha del día siguiente a uno dado - solución en C/C++
- 5. Calcular la suma de la serie del NIF
  - 5.1. Calcular la suma de la serie del NIF - solución en Turbo Pascal
  - 5.2. Calcular la suma de la serie del NIF - solución en C++
- 6. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda
  - 6.1. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda - solución en Turbo Pascal
  - 6.2. Calcular la suma de la serie de la declaración de Hacienda - solución en C++
- 7. Ordenar 3 números de mayor a menor
  - 7.1. Ordenar 3 números de mayor a menor - solución en Pascal
  - 7.2. Ordenar 3 números de mayor a menor - solución en C/C++
- 8. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado
  - 8.1. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado - solución en Pascal
  - 8.2. Ordenar el tipo de un carácter introducido por teclado - solución en C/C++
- 9. Ejercicios de casos de estudio
  - 9.1. Ejercicios de casos de estudio - solución en Pascal
  - 9.2. Ejercicios de casos de estudio - solución en C/C++

Figura 3. Inclusión de los casos de estudio en las Tablas de Contenidos usadas para organizar el material dentro de cada Módulo de Contenidos

y el nivel de dificultad. También se indicaba si el ejercicio era una variante de algún caso práctico anterior, de tal forma que el alumno tuviese una referencia a ese ejemplo base. A continuación aparecía el enunciado del problema a resolver. Todos los ejercicios disponían, además, de una sección con casos de prueba, de tal forma que los alumnos podían probar la corrección de su solución ejecutándola para dichos casos de prueba. Cuando el nivel de dificultad del ejercicio lo requería, se añadía una sección en la que se daban indicaciones acerca del algoritmo a desarrollar. Por último, a veces el documento incluía vínculos a páginas web externas donde los alumnos podían encontrar información adicional acerca del problema a resolver. La figura 4 muestra el documento correspondiente a uno de los ejercicios desarrollados en el proyecto.



Figura 4. Ejemplo de documento PDF conteniendo un caso de estudio

Como resultado final del proyecto, la VCP se extendió con cerca de 100 casos de estudio no resueltos que se incorporaron al ETTC «Casos prácticos para la Introducción a la Programación» [6]. Este ETTC con todos los recursos generados en estas dos iteraciones de la VCP ha estado disponible durante el curso 2007-2008 para más de 700 alumnos.

Desgraciadamente, el análisis de los resultados resaltó el hecho de que, a pesar del esfuerzo, aún quedaba un punto importante que había que resolver: la ausencia de guía. El

alumno, al entrar en el ETTC, tenía acceso a todos los recursos, de tal forma que, a pesar de que estaban etiquetados en distintos niveles de dificultad y que la secuenciación estaba clara con la división en paquetes temáticos, el orden en el que los alumnos visitaban los ejercicios distaba mucho de ser el ideal (véase Sección 4 para más detalles). El problema radicaba fundamentalmente en la ausencia de control de acceso a los temas y casos prácticos complejos, lo que permitía que alumnos que no habían asimilado los primeros paquetes temáticos pasaran a abordar casos prácticos resueltos y ejercicios de los siguientes paquetes, reduciendo la probabilidad de éxito. Una última versión de la VCP disponible en un ETTC radicalmente distinto en estructura y facilidades de acceso a contenidos trata de paliar este problema. Ambos se describen en la siguiente sección.

#### 4. ANÁLISIS DEL USO DADO POR LOS ESTUDIANTES A LAS DOS PRIMERAS VERSIONES DE LA VCP

WebCT permite a los diseñadores de los espacios obtener datos de acceso de cada alumno a cada página. En particular, la plataforma *rastrea* todas las páginas que cada alumno visita y el diseñador puede conocer incluso el tiempo que alguien ha estado accediendo a una página.

Aprovechando estas facilidades hemos podido comprobar que el número de accesos y

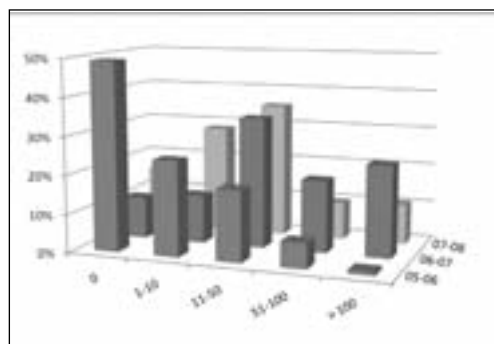


Figura 5. Accesos globales de los alumnos en los cursos 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008

el uso de la VCP ha ido creciendo a lo largo de los cursos 2005-2006 a 2007-2008. La figura 5 muestra este hecho. Es destacable el gran número de alumnos que no usaron la VCP en 2005-2006. Este hecho creemos que es debido a que, como ya hemos señalado, en ese curso la VCP estuvo disponible sólo en los últimos meses del mismo, ya fuera del período docente, y pocos alumnos lo utilizaron de cara a los exámenes de septiembre.

Otro hecho destacable es el comportamiento observado entre los alumnos en lo que respecta a la forma de usar los casos prácticos resueltos. Los alumnos acceden mayoritariamente a las soluciones y, en comparación, poco a los enunciados. Esto hace pensar que los alumnos no se esforzaban en intentar resolver los problemas planteados en los casos prácticos y seguidamente contrastar su solución con la proporcionada, sino que se descargaban directamente las soluciones para, en el mejor de los casos, analizarlas cuidadosamente. Evidentemente, esto demuestra un uso poco apropiado de este tipo de recursos desde el punto de vista de su efectividad. Las figuras 6a, 6b y 6c muestran este hecho, comparando el número de accesos a los enunciados con el número de accesos a las soluciones en 4 de los 12 paquetes temáticos en los cursos académicos 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. Un uso apropiado debería mostrar que el número de accesos a cada enunciado fuese igual a la suma del número de accesos a las dos soluciones (la de Pascal y la de C++), pues el enunciado es el mismo para ambas soluciones. Sin embargo, puede verse que dicha suma supera en gran medida al número de accesos al enunciado.

Las gráficas de las figuras 6a, 6b y 6c ponen de manifiesto otro hecho no deseable. A pesar de que los casos prácticos (y los ejercicios) tienen asociado un nivel de dificultad y entre los paquetes temáticos existe un orden lógico de estudio, los alumnos acceden casi de forma aleatoria a los recursos de la VCP. En particular, pueden observarse «picos» de acceso de algunos recursos sin existir desde nuestro conocimiento un motivo claro aparente.

Finalmente, en la figura 6d pueden verse datos de acceso a los ejercicios. Puede obser-

varse que los alumnos han tenido una buena acogida para este tipo de recursos de la VCP.

##### 5. LA SITUACIÓN ACTUAL: CURSO *ON-LINE* ADAPTATIVO PARA LA ENSEÑANZA MULTIDISCIPLINAR DE LA PROGRAMACIÓN EN EL CAMPUS VIRTUAL

El tercer PIMCD [4], cuyo equipo docente ha estado formado por nueve profesores del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial con responsabilidades docentes en materia de programación tanto en la Facultad de Informática como en la Facultad de Ciencias Físicas, se ha centrado en el diseño y desarrollo para el CV de un curso que se adapta de forma dinámica a la evolución del aprendizaje de los alumnos. El objetivo principal de este proyecto ha sido propiciar un acceso y secuenciamiento eficaz del material educativo existente en el ETTC disponible en el curso 2007-2008. De esta forma, mediante las facilidades de guía y control de acceso y secuenciamiento que un curso adaptativo proporciona, se evitarían los efectos negativos del tradicional enfoque «one-size-fits-all» [2] que se venía usando hasta ahora.

La elaboración del curso requirió una primera fase de toma de decisiones y de diseño de los diferentes elementos que lo componen:

- Determinar la(s) característica(s) del alumno respecto a la(s) que se va a realizar la adaptación. De entre las distintas que podrían tenerse en cuenta (por ejemplo, el nivel de conocimiento de la materia, el objetivo perseguido, el estilo de aprendizaje, etc.) se ha considerado una sola característica: el nivel de conocimiento. Para garantizarse el avance en el curso, un alumno deberá demostrar haber adquirido un mínimo nivel de conocimiento en la etapa anterior.
- Establecer una estructura conceptual del material, y los elementos concretos del material que se asociarán a las unidades conceptuales determinadas.

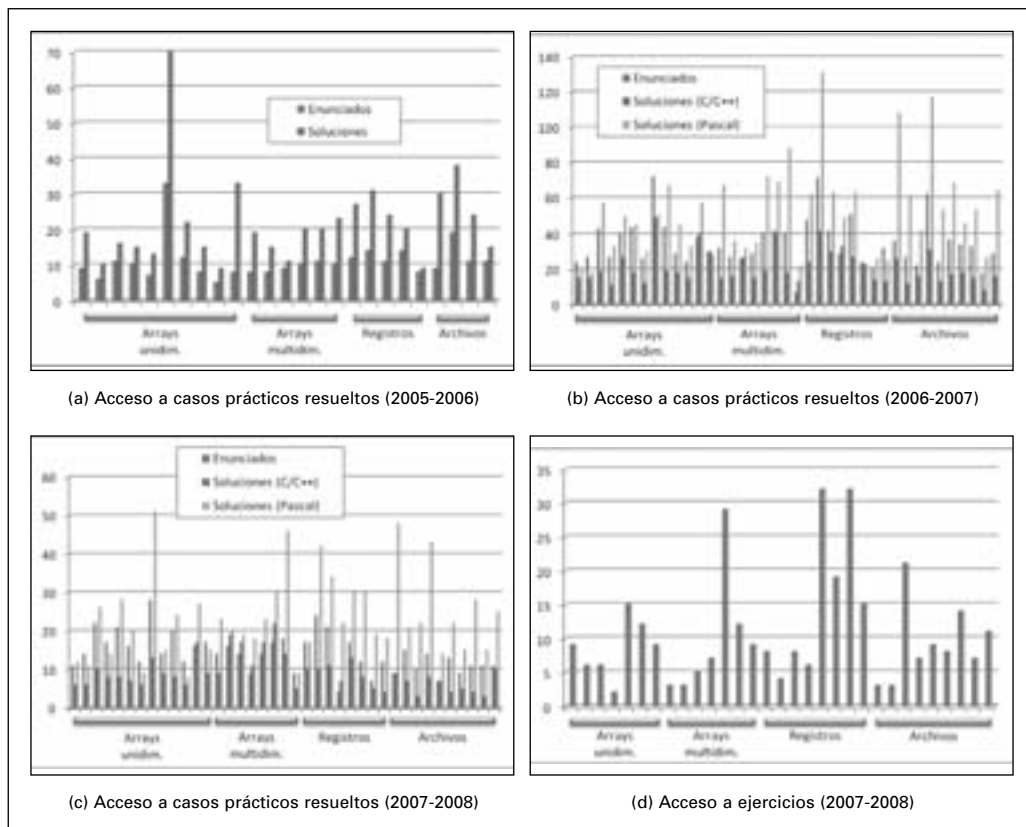


Figura 6. Accesos a recursos

- Como estructura conceptual se ha mantenido la secuencia de paquetes temáticos fruto de los proyectos anteriores. El material que compone cada unidad conceptual es el material que componía ya cada paquete temático.
- Determinar niveles de conocimiento asociados a cada unidad conceptual. Se ha optado por establecer dos niveles: apto y no apto para pasar a la siguiente unidad conceptual. Mientras un alumno muestre un nivel insuficiente de conocimiento (no apto) acerca de una unidad conceptual, permanecerá en ella sin posibilidad de pasar a la siguiente.
- Elaborar cuestionarios que permitan medir la evolución del conocimiento del alumno. Ha sido necesario desarrollar nuevo material en este proyecto: las pre-

guntas que componen cada cuestionario. Cada cuestionario de una unidad conceptual consta de dos tipos de preguntas: preguntas genéricas –se realizan en abstracto, en base a los contenidos teóricos de la unidad conceptual– y preguntas basadas en el material existente en la unidad conceptual –que requieren que el alumno haya analizado cuidadosamente el material docente de la misma.

- Definir los caminos (ramificaciones y secuenciamientos) que pueden seguirse sobre la estructura conceptual y el material. En función de la estrategia pedagógica que se aplique (p. ej., si se contempla o no la inclusión de reparaciones o refuerzos del conocimiento, y en caso afirmativo dependiendo de las políticas de reparación escogidas) la variabilidad

y complejidad de los recorridos resultantes puede resultar mayor o menor. Para este trabajo se ha seguido de cerca el modelo de curso utilizado en los Cursos de Formación en Informática (CFI) de la UCM [9]. En el proyecto se ha optado por incluir refuerzos cuando el alumno demuestra tener un nivel insuficiente de conocimiento de una unidad conceptual. La política de refuerzo consiste en dar acceso al alumno a material adicional al disponible en un principio para superar un cuestionario de la unidad conceptual.

El gráfico que aparece en la figura 7 esquematiza el resultado de las decisiones tomadas en el curso. El material de una unidad conceptual  $U_i$  se ha dividido en material básico y material de refuerzo. El material básico es del que dispone inicialmente un alumno cuando entra en una unidad conceptual. Tras trabajar con dicho material, el alumno debe mostrar sus conocimientos resolviendo un cuestionario básico  $CI_{U_i}$ . Si demuestra un nivel apto para avanzar, el alumno puede acceder a material adicional (el material de refuerzo) de la unidad  $U_i$  y se le da

paso a la unidad  $U_{i+1}$  pudiendo acceder al material básico de ésta y a la realización del cuestionario básico  $CI_{U_{i+1}}$ . En caso de no superar el cuestionario  $CI_{U_i}$ , el alumno recibe acceso al material de refuerzo de la unidad  $U_i$  y permanece en ella hasta que supere el cuestionario de refuerzo  $C2_{U_i}$ .

La implementación del curso en el CV requirió un estudio exploratorio previo de la herramienta WebCT. De esta forma se determinaron las restricciones y requisitos que impone este software a la hora de implementar preguntas y cuestionarios, así como las capacidades de activación y desactivación de los diferentes elementos donde puede residir el material educativo del curso. Asimismo fue necesario crear un gran número de preguntas asociadas a los cuestionarios de cada unidad conceptual. Cada cuestionario actualmente está formado por 10 cuestiones elegidas aleatoriamente entre aproximadamente 20 asociadas al mismo, con el objetivo de que cuando un alumno tenga que repetir un cuestionario, éste pueda incluir algunas preguntas diferentes a las que lo formaban la vez previa. En total, en este proyecto se han desarrollado más de 400 preguntas para cada lenguaje de programación.

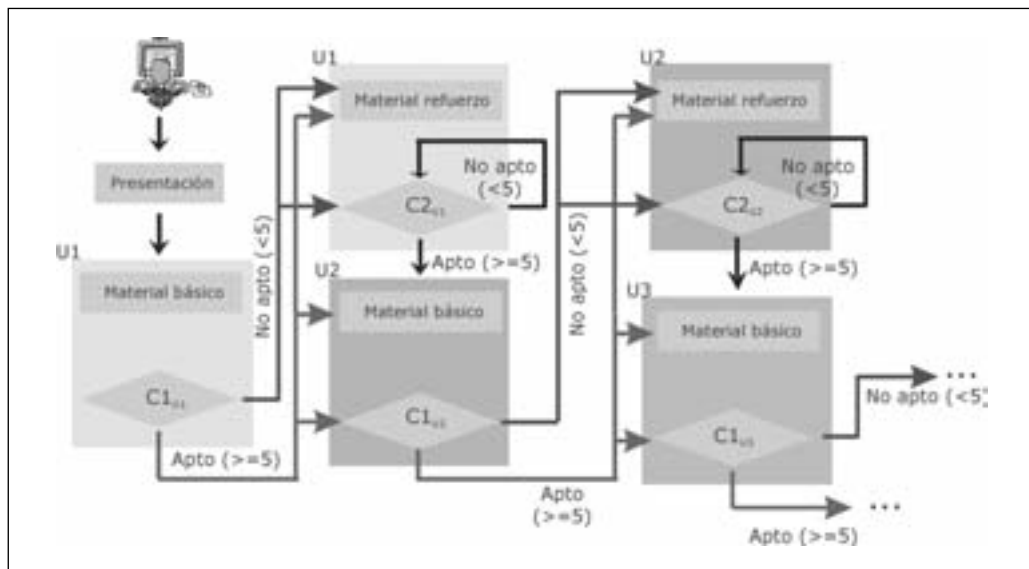


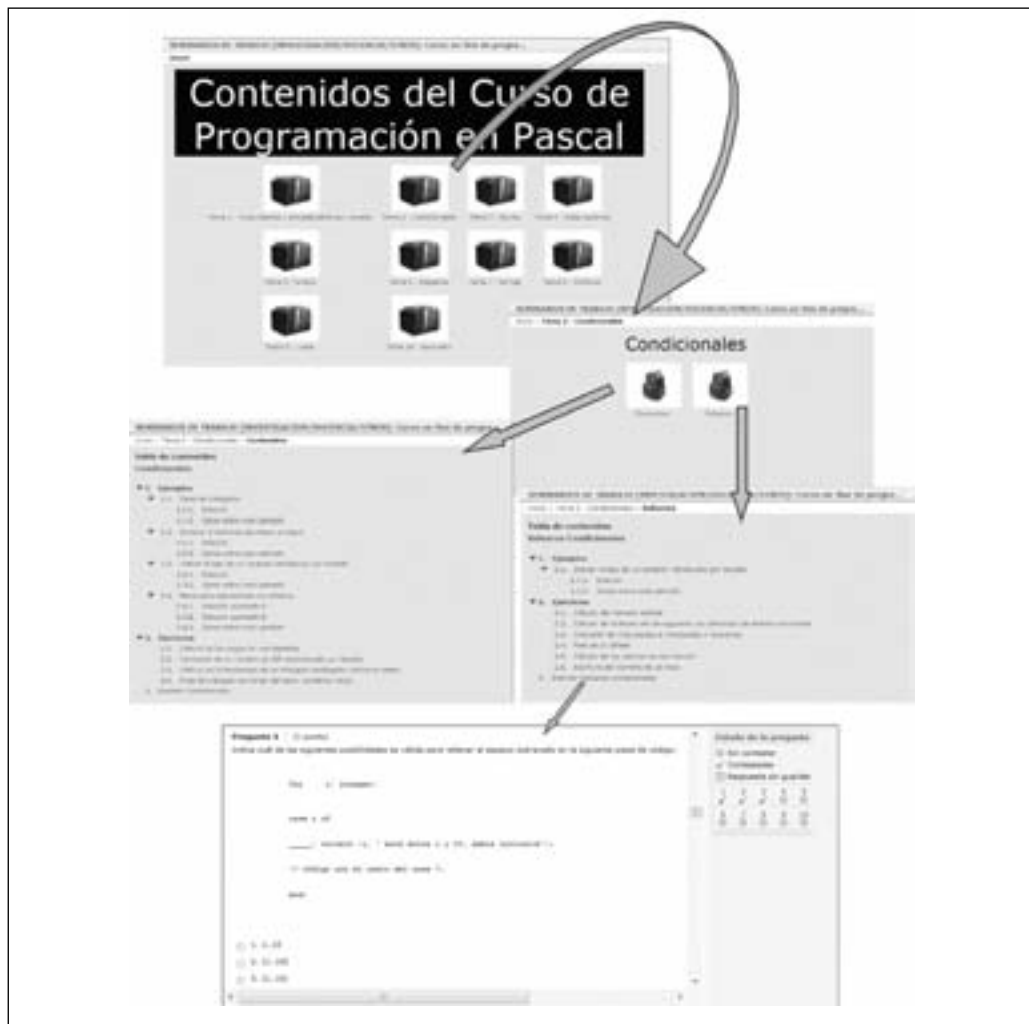
Figura 7. Esquema de secuenciamiento del curso



La estructura y facilidades de acceso a los contenidos en los dos nuevos ETTCs creados (uno para asignaturas que emplean el lenguaje C++ y otro para las que emplean el lenguaje Pascal) son, pues, radicalmente distintos a los del ETTCs descritos en las secciones 2 y 3.

Para la organización de los diferentes contenidos dentro de un ETTC se han utilizado las siguientes herramientas disponibles en WebCT: *Páginas de Organización*, *Módulos de Contenidos*, y *Tablas de Contenido*. Con las *Páginas de Organización* se han creado diferentes apartados dentro del curso, consi-

guiendo así dividir el curso en las distintas unidades conceptuales de las que consta. A continuación, dentro de cada *Página de Organización* se han recopilado por separado los distintos conjuntos de materiales existentes: básicos y de refuerzo. Para estas recopilaciones se han usado los *Módulos de Contenidos*. Por último, en cada *Módulo de Contenidos* los casos prácticos y los ejercicios que constituyen el material educativo y el cuestionario asociado han sido organizados usando una *Tabla de Contenidos*. La figura 8 muestra esta organización.



*Figura 8. Organización del ETTC en el curso 2008-2009.*

Los cuestionarios que están incluidos en la versión actual de la VCP se han elaborado con la herramienta *Exámenes y Cuestionarios*, dentro de la cual se han incluido todas las preguntas deseadas para los cuestionarios y se han compuesto los distintos test con esa base de preguntas. Se ha sacado partido a diferentes modelos de preguntas existentes (opciones múltiples-elección simple, opciones múltiples-elección múltiple, preguntas de establecimiento de relación y preguntas de respuesta corta).

Los caminos (ramificaciones y secuenciamientos) que pueden seguirse sobre la estructura conceptual y el material se ha podido implementar realizar gracias a que, tanto las *Páginas de Organización* como los *Módulos de Contenidos* y los *Exámenes y Cuestionarios*, tienen disponible la opción de *Criterios de Visibilidad*. Con esta opción podemos asignar a estas herramientas condiciones que permitan que un determinado alumno las visualice o no. Estos criterios engloban muchas posibilidades, pero en este trabajo se han utilizado los resultados que obtiene cada alumno en los diferentes cuestionarios propuestos.

El criterio para activar la visualización del material de refuerzo de una unidad conceptual  $U_i$  utiliza una condición muy sencilla: basta con decir que el resultado del cuestionario básico  $CI_{U_i}$  de dicha unidad sea *no vacío*. El criterio para activar la visualización del material básico de la unidad conceptual  $U_{i+1}$  (una vez demostrado un conocimiento mínimo para acceder a ella desde la unidad  $U_i$ ) requiere una condición más elaborada, ya que existen dos caminos para llegar hasta dicho material: superar el cuestionario básico de  $U_i$  ( $CI_{U_i}$ ) o superar el cuestionario de refuerzo de  $U_i$  ( $C2_{U_i}$ ) (lo que supone no haber superado previamente  $CI_{U_i}$ ). En este caso la condición para pasar a la unidad conceptual  $U_{i+1}$  se ha tenido que realizar mediante una *columna calculada*<sup>2</sup>. Esta columna obtiene un valor que se genera automáticamente a partir de los

resultados obtenidos en los dos cuestionarios  $CI_{U_i}$  y  $C2_{U_i}$ ; de una manera más concreta, la función que controla el valor de dicha columna calculada es:  $\text{máximo}\{\text{calificación-}CI_{U_i}, \text{calificación-}C2_{U_i}\}$ . Así, se han debido generar tantas columnas calculadas como unidades conceptuales existen en la VCP.

Con el planteamiento descrito se han creado dos ETTCs puestos a disposición de los alumnos matriculados en el curso 2008-2009: el ETTC correspondiente al lenguaje Pascal está disponible para alumnos de distintas asignaturas de las tres titulaciones de la Facultad de Informática; el ETTC correspondiente al lenguaje C++ se encuentra a disposición de los matriculados en asignaturas de la «Ingeniería en Electrónica» y la «Licenciatura de Física». Por el momento, y a falta de incluir alumnos de asignaturas de laboratorio impartidas en el segundo cuatrimestre, más de 350 alumnos tienen acceso al nuevo ETTC.

## 6. CONCLUSIONES

La adaptación al EEES supone un reto didáctico para el profesorado universitario. Analizar la metodología docente bajo la perspectiva de la actividad del alumnado supone considerar cómo aprenden los alumnos y seleccionar los métodos para que puedan aprender más y mejor. La evolución de la VCP y del ETTC que la soporta presentada en este artículo es un reflejo de los esfuerzos de los docentes de la UCM no sólo para incorporar TIC adaptables al conocimiento de cada alumno sino también para planificar y diseñar el conocimiento. No sólo es necesario definir *qué* se quiere enseñar, sino también *cómo* se va a enseñar desde la perspectiva del que aprende. Tomando esto como base, la formalización de la secuencia de aprendizaje plasmada en la actual versión de la VCP supone una mejora imprescindible para el nuevo EEES.

El reconocimiento del papel fundamental de los alumnos también se ha constatado en las versiones anteriores de la VCP. Si bien todavía hay reticencias por parte de los alumnos a la hora de proporcionar retroalimentación, los datos estadísticos del CV permiten

<sup>2</sup> Las *columnas calculadas* se pueden crear en la herramienta *Gestión de Alumnos*. Dichas columnas permiten asignar calificaciones al alumno basadas en cálculos realizados a partir de columnas numéricas.

observar el alto número de accesos y usos de la VCP a lo largo del tiempo. En la versión de la VCP disponible en el curso académico 2008-2009 se prevé incorporar un mecanismo para solicitar explícitamente retroalimentación de alumnos y docentes. Con ella se espera refinar poco a poco la secuencia de aprendizaje implementada, siempre teniendo en cuenta también las competencias del perfil profesional al que va dirigido.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento y reconocimiento al trabajo realizado por los restantes profesores que forman parte del equipo de alguno(s) de los proyectos y que, por problemas de agenda, no han podido participar en la elaboración del presente artículo: Pilar Sancho Thomas, Carlos Cervigón Rückauer y Manuel Ortega Ortiz de Apodaca. Agradecemos también las labores realizadas por los diversos colaboradores que, gracias a la financiación obtenida a través de los proyectos, han ayudado en la implantación en el CV de las distintas versiones del material. Finalmente, nuestro agradecimiento a los cerca de 2.000 alumnos que han utilizado el material desde finales del curso 2005-2006. Por ellos, para facilitar su aprendizaje, hemos realizado todo este esfuerzo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. BENITO, M., y OVELAR, R. (2005): *Impacto de las TIC y del proceso de convergencia al EEES en el profesorado universitario*. Informe PULSAR. Disponible en: [http://pulsar.ehu.es/pulsar/documentacion/informes\\_pulsar/Informe\\_PULSAR\\_Diciembre.pdf](http://pulsar.ehu.es/pulsar/documentacion/informes_pulsar/Informe_PULSAR_Diciembre.pdf). Último acceso: 21/11/2008.
2. BRUSILOVSKY, P., y MAYBURY, M. (2002): From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web. *Communications of the ACM*, 45(5), 31-33.
3. DIRECCIÓN GENERAL DE UNIVERSIDADES (DGU) (2003): *Adecuación de las titulaciones del sistema universitario español al Espacio Europeo de Educación Superior*. Programa de Estudios y Análisis. EA 2003-0069. Barcelona.
4. GÓMEZ ALBARRÁN, M.; CERVIGÓN RÜCKAUER, C.; DÍAZ ESTEBAN, A.; GÓMEZ MARTÍN, M. A.; HERNÁNDEZ YÁÑEZ, L.; JIMÉNEZ DÍAZ, G.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, M.; ORTEGA ORTIZ DE APODACA, M., y SANCHO THOMAS, P. (2008): Informe final del proyecto «Curso *on-line* adaptativo para la enseñanza multidisciplinar de la programación en el Campus Virtual» (PIMCD-136, convocatoria 2007-2008).
5. GÓMEZ ALBARRÁN, M.; CERVIGÓN RÜCKAUER, C.; GÓMEZ MARTÍN, M. A.; JIMÉNEZ DÍAZ, G.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, M.; ORTEGA ORTIZ DE APODACA, M., y SANCHO THOMAS, P. (2007): Informe final del proyecto «Aprendizaje de programación guiado por problemas en el Campus Virtual: Un alcance multidisciplinar» (PIMCD-472, convocatoria 2006-2007).
6. GÓMEZ ALBARRÁN, M.; CERVIGÓN RÜCKAUER, C.; GÓMEZ MARTÍN, M. A.; JIMÉNEZ DÍAZ, G.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, M.; ORTEGA ORTIZ DE APODACA, M., y SANCHO THOMAS, P.: Material del proyecto «Aprendizaje de programación guiado por problemas en el Campus Virtual: Un alcance multidisciplinar» (PIMCD-472, convocatoria 2006-2007), *seleccionado y pendiente de publicar por la UCM*.
7. GÓMEZ ALBARRÁN, M.; JIMÉNEZ DÍAZ, G.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, M.; ORTEGA ORTIZ DE APODACA, M., y SANCHO THOMAS, P. (2006): Informe final del proyecto «Virtualización de casos prácticos para asignaturas de programación en entorno multidisciplinar» (PIMCD-216, convocatoria 2005-2006).
8. GÓMEZ ALBARRÁN, M.; JIMÉNEZ DÍAZ, G.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, M.; ORTEGA ORTIZ DE APODACA, M., y SANCHO THOMAS, P.: Material del proyecto «Virtualización de casos prácticos para asignaturas de programación en entorno multidisciplinar» (PIMCD-216, convocatoria 2005-2006), *en prensa*.
9. HERNÁNDEZ YÁÑEZ, L. (2006): Un servicio de cursos *on-line*: primeras experiencias de los CFI en el Campus Virtual. *Proc. III Jornadas del Campus Virtual de la UCM*.
10. KOLB, D. A. (1984): *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
11. MARQUÈS, P. (2000): *Impacto de las TIC en la enseñanza universitaria*. Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB. (Última revisión: 27/08/08). Disponible en: <http://dewey.uab.es/PMARQUES/ticuniv.htm>. Último acceso: 21/11/2008.